

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-284274

(43) 公開日 平成9年 (1997) 10月31日

(51) Int. Cl. ⁶

H 0 4 L 12/00
12/44

識別記号

庁内整理番号

9466-5K

F I

H 0 4 L 11/00

技術表示箇所

3 4 0

審査請求 有 請求項の数4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-89343

(22) 出願日 平成8年 (1996) 4月11日

(71) 出願人 394025577

株式会社超高速ネットワーク・コンピュータ技術研究所
東京都港区虎ノ門五丁目2番6号

(72) 発明者 掛水 光明

東京都港区虎ノ門5丁目2番6号 株式会社
超高速ネットワーク・コンピュータ技術研
究所内

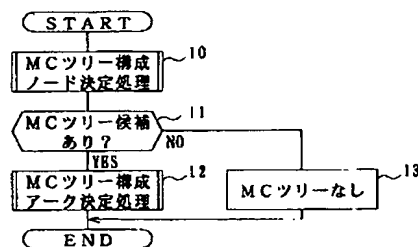
(74) 代理人 弁理士 山川 政樹

(54) 【発明の名称】 マルチキャスト接続経路選択方法

(57) 【要約】

【課題】 ネットワーク資源を効率よく利用でき、かつ伝搬遅延が少ないマルチキャスト接続経路を選択することができるマルチキャスト接続経路選択方法を提供する。

【解決手段】 所定の発端末と複数の着端末とをマルチキャスト接続するMCツリー候補を交換ノード数が少ない順に選択した後、これら各MCツリー候補について、発端末と発端末から最も離れた着端末とを最も少ない経由リンク数で接続するアークを決定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の交換ノードで構成される通信ネットワークを介して所定の発端末と複数の着端末とを一斉に接続するマルチキャスト接続を行う場合に、その接続経路を選択するマルチキャスト接続経路選択方法において、

発端末とすべての着端末とをマルチキャスト接続するMCツリー候補を経由交換ノード数が少ない順に選択するMCツリー構成ノード決定処理を実行し、

これら各MCツリー候補について、発端末とこの発端末から最も離れた着端末とを最も少ない経由リンク数で接続するアークを決定するMCツリー構成アーク決定処理を実行するようにしたことを特徴とするマルチキャスト接続経路選択方法。

【請求項2】 請求項1記載のマルチキャスト接続経路選択方法において、

MCツリー構成ノード決定処理では、

探索中の状態にある各MCツリー候補について、その状態におけるすべてのノード候補を検索し、

これらノード候補のうちいずれかの着端末を収容する交換ノードに到達したものあるいは到達する可能性のあるものを探索中のMCツリー候補に順次格納することによりMCツリーの探索を実行し、

探索中MCツリー候補が各着端末を収容するすべての交換ノードに到達した時点で探索を終了し、各探索終了ツリーを所望のMCツリー候補として出力するようにしたことを特徴とするマルチキャスト接続経路選択方法。

【請求項3】 請求項2記載のマルチキャスト接続経路選択方法において、

探索中MCツリー候補の交換ノード数が、各探索終了ツリーの交換ノード数より小さくない場合には、探索終了ツリーの数か所定数以上得られているか否かを判断し、所定数以上得られている場合には、MCツリー構成ノード決定処理を終了するようにしたことを特徴とするマルチキャスト接続経路選択方法。

【請求項4】 請求項1記載のマルチキャスト接続経路選択方法において、

MCツリー構成アーク決定処理では、

探索中MCツリーの交換ノードのうち最も着端末よりの交換ノードをそれぞれ選択し、

MCツリー候補を構成する交換ノードのうち探索中MCツリーに含まれていない残りの交換ノードから、前記選択された交換ノードに隣接する交換ノードへのアークを順次選択して探索中MCツリーに含めるアーク探索を実行し、

各着端末を収容するすべての交換ノードが探索中MCツリーに含まれた時点でアーク探索を終了し、そのアーク探索終了ツリーを所望のMCツリーとして出力するようにしたことを特徴とするマルチキャスト接続経路選択方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マルチキャスト接続経路選択方法に関し、特に複数の交換ノードで構成される通信ネットワークを介して複数の端末を一斉に接続／解放するマルチキャスト接続する場合のマルチキャスト接続経路選択方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】複数の交換ノードで構成される通信ネットワークを利用して、等しい速度でネットワークにデータが送信されるCBR (Constant Bit Rate) のトラフィック特性を有する音声や、短期間に多量のデータがネットワークに送出されるバースト的なトラフィック特性を有するコンピュータ処理された画像情報などを、複数の端末に対して一斉に送信する場合、発端末からの仮想回線 (Virtual Channel: VC) 接続要求に応じて発端末と各着端末との間を接続するルートを選択しそれぞれ必要伝送容量に基づく帯域の予約を行う必要がある。

【0003】従来、このようなマルチキャスト接続経路を選択する場合、発端末と各着端末とを結ぶ最適な経路をそれぞれの着端末ごとに求め、これら最適経路のうち共通して使用されている部分経路を抽出して共用化する方法が考えられる。図7は、複数の交換ノードから構成される通信ネットワークの一例を示す説明図であり、RTは発端末、LF1、LF2は着端末、a～gはこれら発端末RTと各着端末LF1、LF2とをリンクを介して網状に交換接続する交換ノードである。

【0004】図7(a)に示すような通信ネットワークにおいて、発端末RTと着端末LF1、LF2を接続するマルチキャスト接続経路を選択する場合には、まず発端末RTと各着端末LF1、LF2とをそれぞれ接続する最適経路が求められる。着端末LF1については、a-b-cからなる経路が、最も交換ノード数およびリンク数の少ない最適な経路となる。

【0005】また、着端末LF2については、a-d-eからなる経路が、最も交換ノード数およびリンク数の少ない最適な経路となる。このようにして、図7(b)に示すように、各着端末ごとに最適経路を求めた後、これら最適経路が共通して使用している部分経路が抽出される。この場合には、RT-a以外の交換ノード間接続するリンクが共通して使用されておらず、リンクの共用は実施されない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来のマルチキャスト接続経路選択方法では、発端末と各着端末とを結ぶ最適な経路をそれぞれの着端末ごとに求め、これら最適経路のうち共通して使用されている部分経路を抽出して共用化することから、交換ノードおよびリンクが共用される割合が低くなる傾向があり、ネットワーク資源を効率よく利用できるマルチキャスト

接続経路を選択することができないという問題点があった。例えば、図7(b)に示したように、前述した従来の方法により選択されたマルチキャスト接続経路では、発端末からすべての着端末までの交換ノード数が5、使用するリンク数が4となる。

【0007】しかし、図7(c)に示すように、例えばa-b-c-eあるいはa-d-e-cというマルチキャスト接続経路は、部分経路a-b-cあるいはa-d-eが着端末LF1、LF2で共用できるとともに、交換ノード数が4、リンク数が3となり、従来のマルチキャスト接続経路選択方法では、このようにネットワーク資源を効率よく利用するマルチキャスト接続経路を選択できない場合があるという問題点があった。本発明はこのような課題を解決するためのものであり、ネットワーク資源を効率よく利用でき、かつ伝搬遅延が少ないマルチキャスト接続経路を選択することができるマルチキャスト接続経路選択方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明によるマルチキャスト接続経路選択方法は、発端末とすべての着端末とをマルチキャスト接続するMCツリー候補を經由交換ノード数が少ない順に選択するMCツリー構成ノード決定処理を実行し、これら各MCツリー候補について、発端末とこの発端末から最も離れた着端末とを最も少ない経由リンク数で接続するアークを決定するMCツリー構成アーク決定処理を実行するようにしたものである。したがって、発端末とすべての着端末とをマルチキャスト接続するMCツリー候補を經由交換ノード数が少ない順に選択され、これら各MCツリー候補について、発端末とこの発端末から最も離れた着端末とを最も少ない経由リンク数で接続するアークが決定される。

【0009】また、MCツリー構成ノード決定処理では、探索中の状態にある各MCツリー候補について、その状態におけるすべてのノード候補を検索し、これらノード候補のうちいずれかの着端末を収容する交換ノードに到達したものあるいは到達する可能性のあるものを探索中のMCツリー候補に順次格納することによりMCツリーの探索を実行し、探索中MCツリー候補が各着端末を収容するすべての交換ノードに到達した時点で探索を終了し、各探索終了ツリーを所望のMCツリー候補として出力するようにしたものである。したがって、MCツリー構成ノード決定処理では、探索中の状態にある各MCツリー候補について、その状態におけるすべてのノード候補が検索され、これらノード候補のうちいずれかの着端末を収容する交換ノードに到達したものあるいは到達する可能性のあるものが探索中のMCツリー候補に順次格納され、探索中MCツリー候補が各着端末を収容するすべての交換ノードに到達した時点で探索が終了さ

れ、各探索終了ツリーが所望のMCツリー候補として出力される。

【0010】さらに、探索中MCツリー候補の交換ノード数が、各探索終了ツリーの交換ノード数より小さくない場合には、探索終了ツリーの数が所定数以上得られているか否かを判断し、所定数以上得られている場合には、MCツリー構成ノード決定処理を終了するようにしたものである。したがって、探索中MCツリー候補の交換ノード数が、各探索終了ツリーの交換ノード数より小さくない場合には、探索終了ツリーの数

【0011】また、MCツリー構成アーク決定処理では、探索中MCツリーの交換ノードのうち最も着端末よりの交換ノードをそれぞれ選択し、MCツリー候補を構成する交換ノードのうち探索中MCツリーに含まれていない残りの交換ノードから、前記選択された交換ノードに隣接する交換ノードへのアークを順次選択して探索中MCツリーに含めるアーク探索を実行し、各着端末を収容するすべての交換ノードが探索中MCツリーに含まれた時点でアーク探索を終了し、そのアーク探索終了ツリーを所望のMCツリーとして出力するようにしたものである。したがって、MCツリー構成アーク決定処理では、探索中MCツリーの交換ノードのうち最も着端末よりの交換ノードがそれぞれ選択され、MCツリー候補を構成する交換ノードのうち探索中MCツリーに含まれていない残りの交換ノードから、選択された交換ノードに隣接する交換ノードへのアークが順次選択されて探索中MCツリーに含められ、各着端末を収容するすべての交換ノードが探索中MCツリーに含まれた時点でアーク探索が終了され、そのアーク探索終了ツリーが所望のMCツリーとして出力される。

【0012】

【発明の実施の形態】次に、本発明について図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施の形態であるマルチキャスト接続経路選択方法の処理手順を示すフローチャートであり、複数の交換ノードで構成されるネットワークにおいて、任意の端末からの所定の接続要求に応じてこの発端末(RT)と発端末からの接続要求で指示された複数の着端末(LF)とを一斉にマルチキャスト(MC: Multi Cast)接続する場合のマルチキャスト接続経路を選択するために、通信ネットワークを管理する所定の交換ノードにて予めまたはその接続要求に応じて実行される。

【0013】なお、このマルチキャスト接続経路選択処理を行うにあたって、交換ノードは処理対象となるネットワーク構成、すなわち交換ノード、各交換ノードを接続するリンク、および各端末を収容する交換ノードなどの各種接続情報を把握しているものとする。また、ここでは各リンクを交換接続する手段としてATM交換ノ

ドを例に説明するが、この交換ノードとしては複数の交換ノードからなるサブネットワークも含められるものとし、この場合には各サブネットワークを管理するサブネットワークマネージャによりマルチキャスト接続選択処理が実行されるものとなる。

【0014】交換ノードでは、所定の発端末と複数の着端末とを接続するマルチキャスト接続選択処理として、図1に示すような処理を実行する。まず、発端末とすべての着端末とをマルチキャスト接続する場合に必要な交換ノード群をMCツリー候補として複数決定するとともに、これら交換ノード群からなるMCツリー候補を経由交換ノード数の少ない順に出力するために、MCツリー構成ノード決定処理（ステップ10）が実行される。なお、マルチキャスト接続経路の形状が木（ツリー）構造となることから、以下ではマルチキャスト接続経路の経路パターンをMCツリーという。

【0015】したがって、ここでは発端末とすべての着端末とをマルチキャスト接続するためのMCツリーを構成する交換ノード群が、MCツリー候補として經由交換ノード数が少ない順に出力されるものとなる。なお、同数の交換ノードであっても異なる交換ノード群からMCツリーを構成可能である場合には、各MCツリーごとにそれぞれ交換ノード群がMCツリー候補として選択されるものとなる。

【0016】次にMCツリー構成ノード決定処理により、発端末と複数の着端末とを接続するためのMCツリー候補が出力されたか否かを判断し（ステップ11）、MCツリー候補が出力されなかった場合には（ステップ11：NO）、これら発端末と複数の着端末とを接続するためのMCツリーなしと判断して（ステップ13）処理を終了する。

【0017】一方、MCツリー構成ノード決定処理によりいずれかのMCツリー候補が出力された場合には（ステップ11：YES）、各MCツリー候補について、その交換ノード群を介して発端末とその発端末から最も離れた着端末とを最も少ない経由リンク数で接続するために、MCツリー構成アーク決定処理が実施される（ステップ12）。なお、アークとは木構造における任意の方路（枝）のことであり、実際には交換ノード間を接続するリンクから構成される。

【0018】したがって、ここでは交換ノード数が少ない各MCツリー候補について、発端末と各着端末とを最も少ない数の経由リンクでマルチキャスト接続するためのMCツリーを構成するリンク群が決定されるものとなる。なお、同じリンク数であっても異なるリンク群からMCツリーを構成可能である場合には、異なるMCツリーとして選択されるものとなる。

$$Q = \{ \\ mtn(1) = \{1+2, a\}, ln(1) = \{c, e\} \\ \}$$

【0019】このように、所定の発端末とすべての着端末とをマルチキャスト接続するMCツリー候補を経由交換ノード数が少ない順に選択した後、これら各MCツリー候補について、発端末から最も離れた着端末まで最も少ない経由リンク数で接続するアークを決定するようにしたので、従来のように、発端末と各着端末とを結ぶ最適な経路をそれぞれの着端末ごとに求め、これら最適経路のうち共通して使用されている部分経路を抽出して共用化するものと比較して、交換ノード数および経由リンク数が最も少ないマルチキャスト接続経路を確実に選択することができ、ネットワーク資源を効率よく利用し、かつ伝搬遅延を低減することが可能となる。

【0020】次に、図2を参照して、本発明によるMCツリー構成ノード決定処理について説明する。図2はMCツリー構成ノード決定処理を示すフローチャートであり、前述（図1）のステップ10に相当する処理の一例である。ここでは、任意の探索中の状態にあるMCツリー候補について、その状態におけるすべてのノード候補を検索し、そのうち着端末を収容する交換ノードすなわちLF収容ノードに到達したものあるいは到達する可能性のあるものをMCツリー候補に順次格納することによりツリーの探索を実施する。

【0021】さらに、すべてのLF収容ノードに到達した時点で探索を終了し、これら探索終了ツリーのうち交換ノード数の小さい順に所望のMCツリー候補として出力するものとなる。なお、以下の説明において、探索対象となるMCツリー候補を示す交換ノード数および各交換ノードの集合を $mt_n()$ とし、 $mt_n()$ にて到達していない残りのLF収容ノードからなる集合を ln とする。

【0022】また、探索中の状態にあるMCツリー候補を示す交換ノード群 $mt_n()$ および対応する残りLF収容ノード群 $ln()$ を交換ノード数順に保持する集合を Q とし、探索終了ツリーを交換ノード数順に保持する集合を MTN とする。さらに、任意の探索中の状態にあるMCツリー候補におけるすべてのノード候補からなる集合を a_n とする。

【0023】図3はMCツリー構成ノード決定処理の遷移を示す説明図であり、前述（図7）のネットワークと同じ構成となっている。まず、初期化処理として、発端末を収容する交換ノードすなわちRT収容ノードのみからなるMCツリー候補を示す交換ノード群を $mt_n(1)$ として Q に格納し（ステップ20）、そのMCツリー候補の残りLF収容ノード群を $ln(1)$ としてすべてのLF収容ノードを格納する（ステップ21）。

【0024】これにより、 Q には、探索中MCツリー候補として、

が格納される。なお、 $mt n()$ において、最初の要素は任意の探索状態においてそれぞれのMCツリー候補を構成するのに最低限必要な交換ノード数を示しており、ここではRT収容ノードaを示す個数「1」と、LF収容ノードc、eを示す個数「2」との和となる。

【0025】次に、ステップ22～33により、個々のMCツリー候補に対するツリー探索処理が実施される。まず、Qの先頭から探索中MCツリー候補を取り出す(ステップ22)。この場合、後述するようにQ内のMCツリー候補は個々の交換ノード数順に格納されることから、ここでは常にQのうち最も交換ノード数の小さい探索中MCツリー候補が選択される。

【0026】取り出された探索中MCツリー候補は、処理変数 $mt n$ および ln に格納され、初期化直後ではQは空となる。

$mt n = mt n(1) = \{1+2, a\}$

$ln = ln(1) = \{c, e\}$

$Q = \{\}$

【0027】続いて、 $mt n$ の最初要素である交換ノード数が、探索終了ツリー群MTN内の各MCツリー候補の交換ノード数より小さいか否か、あるいはMTN内に探索終了ツリーが存在しないか否か判断する(ステップ23)。ここで、 $mt n$ の最初要素である交換ノード数が、探索終了ツリー群MTN内の各MCツリー候補の交換ノード数より小さい場合、あるいはMTN内に探索終了ツリーが存在しない場合には(ステップ23: YES)、次のようなノード検索処理および格納判断処理を開始する。

【0028】最初に、 $mt n$ の各交換ノードから任意のLF収容ノード、および任意のLF収容ノードに到達する可能性のある交換ノードのすべてを検索する(ステップ24)。ここで、図4を参照して、このノード検索方法について説明する。図4はノード検索方法を示す説明図であり、ND1～ND18は交換ノードである。特に、ND1(斜線ハッチング)はRT収容ノード、ND8、ND9、ND14～16、ND18(太線)はLF収容ノードである。

【0029】この場合には、ND1は $mt n$ を構成する唯一の要素(RT収容ノード)であり、ND1からのすべてのノード候補を検索するものとする。まず、 $mt n$ 内の各要素に隣接するノードのうち、LF収容ノードまたは所有アーク数が3本以上のノードを選択する(条件1)。図4の場合では、ND1に隣接するLF収容ノードとしてND15、ND16が選択されるとともに、所有アーク数が3本以上のノードとしてND2が選択される。

【0030】次に、 $mt n$ 内の各要素に隣接するノードのうち、所有アーク数が2本であって、かつそのアークで接続されるノードのうち $mt n$ 内のノード以外のもう一方のノードを選択するとともに、これを条件1のノ

ードが現れるまで繰り返し選択する(条件2)。図4の場合では、ND3およびND4、またND13およびND14が一括してノード候補として選択される。

【0031】また、条件2において、到達ノードがLF収容ノードでなく、かつ所有アーク数が1本の場合には、ノード候補として選択しない(条件3)。図4では、ND10と、ND11およびND12とがこれに該当する。さらに、条件2において、到達ノードが $mt n$ 内の要素として含まれるノードである場合には、ノード候補として選択しない(条件4)。図4では、ND5およびND6がこれに該当する。

【0032】なお、条件2において、LF収容ノードを介して $mt n$ 内の要素であるノードに到達する場合には、 $mt n$ 内の要素からそのLF収容ノードへのアークのうち、経由ノード数が小さいアークに対応するノードを優先して選択する(条件5)。図4では、例えばND3およびND4がすでに $mt n$ に含まれている場合、ND4からND7を介してND8へ経由するアークより、ND4から直接ND8へ行くアークに対応するノードが

選択される。

【0033】このようにして、ステップ24では、 $mt n$ の各交換ノードに接続される任意のLF収容ノード、および任意のLF収容ノードに到達する可能性のある交換ノードのすべてが検索される。したがって、図3

(a)では、RT収容ノードaから、 $an(1)$ として $b-c$ 、 $an(2)$ として $d-e$ および $an(3)$ として $f-g-c$ という3つのノード候補が検索され、ノード候補群集合 an に格納される。

$an = \{(b, c), (d, e), (f, g, c)\}$

【0034】続いて、ノード検索処理により検索されたノード候補があったかどうか判断され(ステップ25)、1つ以上のノード候補が検索された場合には(ステップ25: YES)、そのノード候補の中から任意のノード候補を順に選択し(ステップ26)、選択した各ノード候補に対応する交換ノードに対して $mt n$ へ格納判断処理(ステップ27～31)が行われる。まず、選択した任意のノード候補により新たに接続されるノードがLF収容ノードか否か判断する(ステップ27)。

【0035】ここで、LF収容ノードである場合には、所望のLF収容ノードの1つに到達したことから、そのLF収容ノードをその $mt n$ の残り収容ノード群 ln から削除する(ステップ28)。さらに、残り収容ノードがなくなったかどうか判断し(ステップ29)、残り収容ノードがなくなった場合には、 $mt n$ がすべての所望のLF収容ノードに到達したと判断して、選択したノード候補を含んだ $mt n$ を探索終了ツリーとして交換ノード数順にMTNに格納する(ステップ30)。

【0036】一方、ステップ27において、選択した任意のノード候補により新たに接続されるノードがLF収容ノードでない場合(ステップ27: NO)、およびス

9

ステップ29において、残り収容ノードがまだある場合
(ステップ29:NO)には、選択したノード候補を含
む新たなmt nを生成して、交換ノード数順にQに格納
する(ステップ31)。

```

an (1) = (b, c)
ln = ln - (c) = {e}
mt n = mt n + an (1) = {1+3, a, b, c}
Q = {
    mt n (1) = {1+3, a, b, c}, ln (1) = {e}
}

```

【0038】これら、ステップ30およびステップ31
を実行した後、ノード候補群anに未選択のノード候補
があるか否か判断し(ステップ32)、未選択のノード

```

an (2) = (d, e)
ln = ln - (e) = {c}
mt n = mt n + an (2) = {1+3, a, d, e}
Q = {
    mt n (1) = {1+3, a, b, c}, ln (1) = {e}
    mt n (2) = {1+3, a, d, e}, ln (2) = {c}
}

```

となる。

【0039】さらに、ノード候補としてan (3) が選

```

an (3) = (f, g, c)
ln = ln - (c) = {e}
mt n = mt n + an (3) = {1+4, a, f, g, c}
Q = {
    mt n (1) = {1+3, a, b, c}, ln (1) = {e}
    mt n (2) = {1+3, a, d, e}, ln (2) = {c}
    mt n (3) = {1+4, a, f, g, c}, ln (3) = {e}
}

```

となる。

【0040】また、すべてのノード候補の選択が終了し
た場合には(ステップ32:NO)、Q内に他のmt n
があるか否か判断し(ステップ33)、他のmt nがあ
る場合には(ステップ33:YES)、前述したステッ

```

mt n = mt n (1) = {1+3, a, b, c}
ln = ln (1) = {e}
Q = {
    mt n (2) = {1+3, a, d, e}, ln (2) = {c}
    mt n (3) = {1+4, a, f, g, c}, ln (3) = {e}
}

```

【0042】

```

an = {e}
an (1) = (e)
ln = ln - (e) = {}
mt n = mt n + an (1) = {1+3, a, b, c, e}
MTN = {
    MTN (1) = {1+3, a, b, c, e}
}

```

【0043】続いて、Qの先頭からmt n (2) が選択

10

【0037】したがって、図3 (a)において、ノード
候補としてan (1) が選択された場合には、lnから
LF収容ノードcが削除され(ステップ28)、新たな
mt nがQに格納される。

候補がある場合には(ステップ32:YES)、前述し
たステップ26に戻る。したがって、次のノード候補と
してan (2) が選択され、

択され、

ブ22に戻る。したがって、Qの先頭からmt n (1)
が選択され、MTNに探索終了ツリーが格納されてい
ないことから、図3 (b)に示すように、mt n (1)の
ノード候補としてan (1) が選択される。

【0041】

される。ここで、その交換ノード数「1+3」が探索終

11

了ツリー群MTN内の各MCツリー候補の交換ノード数「1+3」より小さくないことから（ステップ23：NO）、MTN内に探索終了ツリーが所望の通信品質QOSなどにより決定される所定数以上格納されているか否か判断する（ステップ34）。所定数以上格納されている場合には（ステップ34：YES）、所望する数だけMCツリー候補が得られたと判断して一連のツリー構成

$$\begin{aligned} \text{mtn} &= \text{mtn}(2) = \{1+3, a, d, e\} \\ \text{ln} &= \text{ln}(2) = \{c\} \\ Q &= \{ \\ &\quad \text{mtn}(3) = \{1+4, a, f, g, c\}, \text{ln}(3) = \{e\} \\ &\quad \} \end{aligned}$$

【0045】

$$\begin{aligned} \text{an} &= \{c\} \\ \text{an}(1) &= (c) \\ \text{ln} &= \text{ln} - (c) = \{\} \\ \text{mtn} &= \text{mtn} + \text{an}(1) = \{1+3, a, d, e, c\} \\ \text{MTN} &= \{ \\ &\quad \text{MTN}(1) = \{1+3, a, b, c, e\} \\ &\quad \text{MTN}(2) = \{1+3, a, d, e, c\} \\ &\quad \} \end{aligned}$$

【0046】さらに、Qからmtn(3)が選択された場合、MTN内に2つのMCツリー候補が格納されているが、所定数を満足していない場合には、ステップ24

$$\begin{aligned} \text{mtn} &= \text{mtn}(3) = \{1+4, a, f, g, c\} \\ \text{ln} &= \text{ln}(3) = \{e\} \\ Q &= \{\} \\ \text{an} &= \{e\} \\ \text{an}(1) &= (e) \end{aligned}$$

【0047】

$$\begin{aligned} \text{ln} &= \text{ln} - (e) = \{\} \\ \text{mtn} &= \text{mtn} + \text{an}(1) = \{1+4, a, f, g, c, e\} \\ \text{MTN} &= \{ \\ &\quad \text{MTN}(1) = \{1+3, a, b, c, e\} \\ &\quad \text{MTN}(2) = \{1+3, a, b, e, c\} \\ &\quad \text{MTN}(3) = \{1+4, a, f, g, c, e\} \\ &\quad \} \end{aligned}$$

【0048】この後、ステップ33にて、Qに他のmtnがないことから（ステップ33：NO）、すでに求められている集合MTNを所望のMCツリー候補群として、一連のMCツリー構成ノード決定処理を終了する。

【0049】このように、MCツリー構成ノード決定処理では、探索中の状態にある各MCツリー候補について、その状態におけるすべてのノード候補を検索し、そのうち着端末を収容する交換ノードすなわちLF収容ノードに到達したものあるいは到達する可能性のあるものをMCツリー候補に順次格納することによりツリー探索処理を実施するようにしたものである。

【0050】さらに、すべての着端末に到達した時点で、ツリー探索処理を終了し、これら探索終了ツリーを所望

12

ノード決定処理を終了する。

【0044】また、MTN内に探索終了ツリーが所定数以上格納されていない場合には（ステップ34：NO）、ステップ24に移行して処理を継続する。したがって、図3(c)に示すように、mtn(2)のノード候補としてan(1)が選択される。

に戻って図3(b)と同様のアーク選択処理が実行される。

のMCツリー候補として出力するようにしたものである。したがって、これら探索終了ツリーを交換ノード数が少ない順にMCツリー候補として出力することにより、所定の発端末と複数の着端末とを接続するリンクを数多く共用してマルチキャスト接続するMCツリー構成ノードを確実に得ることが可能となる。

【0051】また、Qから取り出した探索中MCツリー候補の交換ノード数が、探索終了ツリー群MTNの各交換ノード数より小さくない場合には、MTN内に探索終了ツリーの数が所定数以上格納されているか否か判断し、所定数以上格納されている場合には、MCツリー構成ノード決定処理を終了するようにしたので、例えば所定数として、所望の通信品質QOSなどにより指定され

るマルチキャスト接続不成功時の繰り返し回数を設定することにより、不要なMCツリー候補の探索処理を省くことが可能となるとともに、交換ノード数順に通信品質を満足する数のMCツリー候補を得ることが可能となる。

【0052】また、ノード検索方法として、mt n内の各要素に隣接するノードのうち、LF収容ノードまたは所有アーク数が3本以上のノードを選択し（条件1）、また所有アーク数が2本であって、かつそのアークで接続されるノードのうちmt n内のノード以外のもう一方のノードを選択するとともに、これを条件1のノードが現れるまで繰り返し選択する（条件2）ようにしたので、mt n構成に変化がないノードについては一括して選択することが可能となり、処理に要する時間を短縮することができる。

【0053】また、条件2において、到達ノードがLF収容ノードでなく、かつ所有アーク数が1本の場合（条件3）、さらには、条件2において、到達ノードがmt n内の要素として含まれるノードである場合（条件4）には、ノード候補として選択せず、また条件2において、LF収容ノードを介してmt n内の要素であるノードに到達する場合には、mt n内の要素からそのLF収容ノードへのアークのうち、経由ノード数が小さいアークに対応するノードを優先して選択する（条件5）ようにしたので、不要なアークを削除して、その後の選択した各ノード候補に対するmt nへの格納判断処理に要する時間を短縮することが可能となる。

【0054】次に、図5を参照して、本発明によるMCツリー構成アーク決定処理について説明する。図5はMCツリー構成アーク決定処理を示すフローチャートであり、前述（図1）のステップ12に相当する処理の一例である。ここでは、前述のMCツリー構成ノード決定処理（ステップ10）により選択された各MCツリー候補について、発端末から最も離れた着端末までの経由リンク数が最も小さい接続経路を決定するものとなる。

【0055】図6はMCツリー構成アーク決定処理を示す遷移図であり、（a）はMCツリー構成ノード決定処理により選択されたMCツリー候補の構成を示しており、（b）は一般的な深さ優先探索方法に基づいてアークを決定した場合、（c）は本発明の幅優先探索方法に基づいてアークを決定した場合のMCツリーを示している。図6において、ND1～ND7は交換ノードであり、特にND1は（斜線ハッチング）RT収容ノード、ND3～ND5、ND7（太線）はLF収容ノードである。

【0056】まず、初期化処理として、所望のMCツリーにRT収容ノードを格納する（ステップ50）。次に、MCツリーから最も着端末よりの交換ノード群LN（0）を抽出し（ステップ51）、そのうちからいずれかの交換ノードLN（i）を選択する（ステップ52）。

【0057】続いて、LN（i）に関するアーク探索処理として、探索中MCツリーに含まれていない残りの交換ノードのうち、LN（i）にリンクを介して直接接続される交換ノード群MNL（0）を抽出し（ステップ53）、そのうちからいずれかの交換ノードMLN（k）を選択する（ステップ54）。ここで、MLN（k）が存在するか否か判断し（ステップ55）、存在する場合には（ステップ55：YES）、LN（i）からMLN（k）へのアーク、ここではリンクおよびMLN（k）を探索中MCツリーに格納する（ステップ56）。

【0058】この後、ステップ54に戻って、他のMLN（k）を選択し、MLN（k）が存在しなくなった場合には（ステップ55：NO）、すべてのLN（i）を選択したか否か判断する（ステップ57）。ここで、他のLN（i）が存在する場合には（ステップ57：NO）、ステップ52に戻って、新たなLN（i）を選択し前述したアーク探索処理を実施する（ステップ53～56）。

【0059】一方、すべてのLN（i）を選択した場合には（ステップ57：YES）、探索中MCツリーに含まれていない残りの交換ノードが存在するか否か判断し（ステップ58）、まだ残りの交換ノードが存在する場合には（ステップ58：YES）、ステップ51に戻って、探索中MCツリーから最も着端末よりの交換ノード群LN（0）を新たに抽出するとともに、各LN（i）に関するアーク探索処理を実施する。

【0060】すべての交換ノードがMCツリーに含まれ、残りの交換ノードがなくなった場合には（ステップ58：NO）、一連のMCツリー構成アーク決定処理を終了する。したがって、図6（a）のMCツリー候補では、最初にRT収容ノードであるND1がNL（i）として選択され、ND2およびND6がそれぞれMNL（k）として選択されて探索中MCツリーに格納される。

【0061】続いて、ND2およびND6がNL（i）として選択され、ND2については、ND3およびND4がMNL（k）として選択されて探索中MCツリーに格納されるとともに、ND6については、ND5およびND7がMNL（k）として選択されて探索中MCツリーに格納され、残りの交換ノードがなくなったことから処理が終了する。これにより、図3（c）のようなMCツリーが決定される。

【0062】一方、一般的な深さ優先探索方法により、任意に選択したアークがそれ以上アークのないLF収容ノードに到達するまで、繰り返しアークを選択するようにした場合には、図3（b）のようなMCツリーとなる。すなわち、ND1から例えばND2が選択された場合には、その先のND3が選択された後、ND2に戻ってND4が選択され、さらにその先のアークとして、ND5、ND6およびND7が選択されるものとなる。

【0063】したがって、この場合のようにND1からND7までの経由リンク数が5となるのと比較して、図3(c)ではすべてのLF収容ノードまでの経由リンク数が2以内となり、より少ない経由リンク数でマルチキャスト接続することが可能となり、発端末から各着端末までの伝搬遅延を低減させることができる。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、発端末とすべての着端末とをマルチキャスト接続するMCツリー候補を経由交換ノード数が少ない順に選択するMCツリー構成ノード決定処理を実行し、これら各MCツリー候補について、発端末から最も離れた着端末までを最も少ない経由リンク数で接続するアークを決定するMCツリー構成アーク決定処理を実行するようにしたので、従来のように、発端末と各着端末とを結ぶ最適な経路をそれぞれの着端末ごとに求め、これら最適経路のうち共通して使用されている部分経路を抽出して共用化するものと比較して、交換ノード数および経由リンク数が最も少ないマルチキャスト接続経路を確実に選択することができ、ネットワーク資源を効率よく利用し、かつ伝搬遅延を低減することが可能となる。

【0065】また、MCツリー構成ノード決定処理では、探索中の状態にある各MCツリー候補について、その状態におけるすべてのノード候補を検索し、これらノード候補のうちいずれかの着端末を収容する交換ノードに到達したものあるいは到達する可能性のあるものを探索中のMCツリー候補に順次格納することによりMCツリーの探索を実行し、探索中MCツリー候補が各着端末を収容するすべての交換ノードに到達した時点で探索を終了し、これら各探索終了ツリーを所望のMCツリー候補として出力するようにしたので、所定の発端末と複数の着端末とを接続するリンクをより共用してマルチキャスト接続するMCツリー構成ノードを確実に得ることが可能となる。

【0066】さらに、探索中MCツリー候補の交換ノード数が、各探索終了ツリーの交換ノード数より小さくない場合には、探索終了ツリーの数が所定数以上得られているか否か判断し、所定数以上得られている場合には、MCツリー構成ノード決定処理を終了するようにしたの

で、例えば所定数として、所望の通信品質QOSなどにより指定されるマルチキャスト接続不成功時の繰り返し数を設定することにより、不要なMCツリー候補の探索処理を省くことが可能となるとともに、交換ノード数順に通信品質を満足する数のMCツリー候補を得ることが可能となる。

【0067】MCツリー構成アーク決定処理では、探索中MCツリーの交換ノードのうち最も着端末よりの交換ノードをそれぞれ選択し、MCツリー候補を構成する交換ノードのうち探索中MCツリーに含まれていない残りの交換ノードから、選択された交換ノードに隣接する交換ノードへのアークを順次選択して探索中MCツリーに含めるアーク探索を実行し、各着端末を収容するすべての交換ノードが探索中MCツリーに含まれた時点でアーク探索を終了し、そのアーク探索終了ツリーを所望のMCツリーとして出力するようにしたので、より少ない経由リンク数ですべての着端末をマルチキャスト接続することが可能となり、発端末から各着端末までの伝搬遅延を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態によるマルチキャスト接続経路選択方法の処理手順を示すフローチャートである。

【図2】 MCツリー構成ノード決定処理を示すフローチャートである。

【図3】 MCツリー構成ノード決定処理の遷移を示す説明図である。

【図4】 ノード検索方法を示す説明図である。

【図5】 MCツリー構成アーク決定処理を示すフローチャートである。

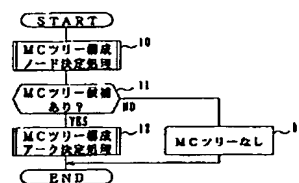
【図6】 MCツリー構成アーク決定処理の遷移を示す説明図である。

【図7】 従来のマルチキャスト接続経路選択方法を示す説明図である。

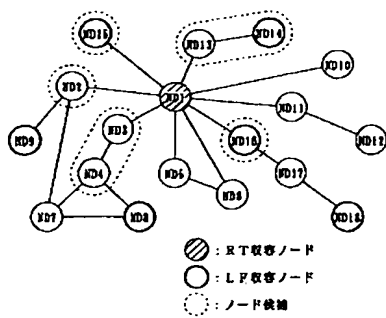
【符号の説明】

11…MCツリー構成ノード決定処理、13…MCツリー構成アーク決定処理、RT…発端末、LF1、LF2…着端末、a～g、ND1～ND18…交換ノード。

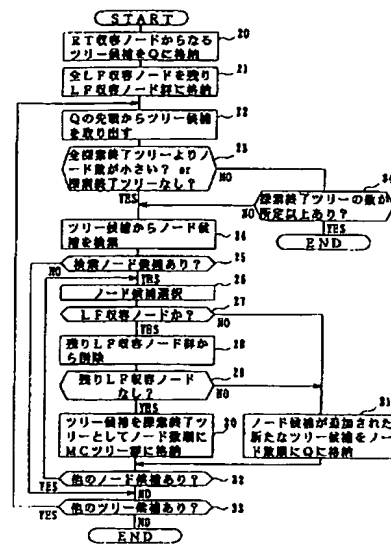
【図1】



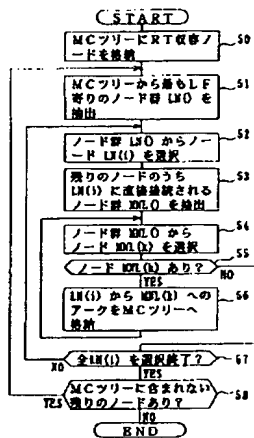
【図4】



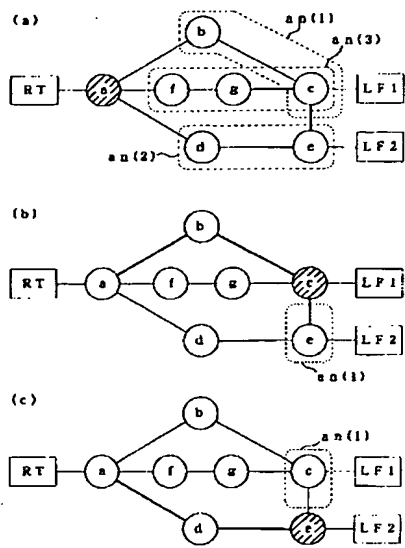
【図2】



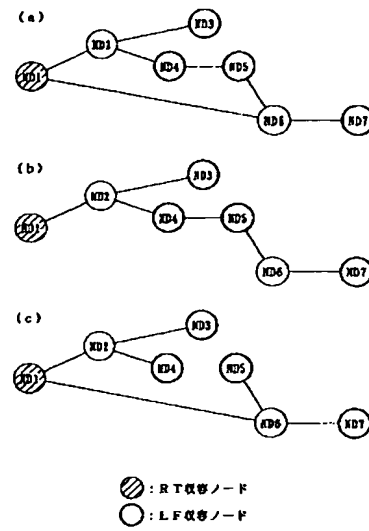
【図5】



【図3】



【図6】



【図7】

